JAHON AMALIY SAN’AT MEROSINI RESTAVRATSIYA QILISHDA SUN’IY INTELLEKT VA 3D RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNING IMKONIYATLARI: ASL NUSXANI SAQLASH VA YO‘QOLGAN BADIIY QATLAMLARNI REKONSTRUKSIYA QILISH MUAMMOLARI

Kamolova Xadichabonu Shavqiddin qizi
DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.22902990

Annotatsiya. Mazkur maqolada jahon amaliy san’at merosini saqlash, konservatsiya va restavratsiya qilish jarayonlarida sun’iy intellekt hamda 3D raqamli texnologiyalardan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Amaliy san’at asarlari tarixiy, estetik, madaniy va texnologik ma’lumotlarni o‘zida mujassamlashtirgan muhim madaniy meros obyektlari hisoblanadi. Vaqt, tabiiy muhit, mexanik ta’sir, noto‘g‘ri saqlash va inson faoliyati natijasida bunday asarlarning ayrim badiiy qatlamlari shikastlanishi yoki butunlay yo‘qolishi mumkin. Zamonaviy raqamli texnologiyalar yo‘qolgan qismlarni virtual muhitda rekonstruksiya qilish, asarning uch o‘lchamli holatini qayd etish, deformatsiyalarni tahlil qilish va restavratsiya jarayonini oldindan modellashtirish imkonini bermoqda. Sun’iy intellekt esa katta hajmdagi tasviriy va tarixiy ma’lumotlarni tahlil qilish, o‘xshash badiiy elementlarni aniqlash, naqsh va ornamentlarning ehtimoliy davomiyligini aniqlash hamda rekonstruksiya variantlarini ishlab chiqishda qo‘llanishi mumkin. Shu bilan birga, raqamli rekonstruksiya natijasini asl tarixiy qatlam bilan tenglashtirish mumkin emas. Maqolada asl nusxa, raqamli nusxa, analog va ilmiy taxmin o‘rtasidagi farqlar, restavratsion aralashuv chegaralari, texnologiyalarning imkoniyatlari va etik muammolari yoritiladi. Tadqiqot natijasida sun’iy intellekt va 3D texnologiyalar restavratorning o‘rnini bosuvchi emas, balki ilmiy tahlil va qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlovchi vositalar sifatida qo‘llanishi zarurligi asoslanadi.

Kalit so‘zlar: amaliy san’at, madaniy meros, restavratsiya, konservatsiya, sun’iy intellekt, 3D texnologiya, 3D skanerlash, raqamli rekonstruksiya, asl nusxa, badiiy qatlam, ornament, raqamli meros.

Jahon amaliy san’ati merosi insoniyatning ko‘p asrlik madaniy tajribasini aks ettiruvchi muhim manbalardan biridir. Turli xalqlarning kulolchilik, to‘qimachilik, gilamchilik, zargarlik, yog‘och o‘ymakorligi, metallga ishlov berish, kashtachilik, ganchkorlik va boshqa amaliy san’at namunalari nafaqat estetik qiymatga, balki tarixiy, etnografik va texnologik ahamiyatga ham ega. Ushbu asarlar orqali muayyan jamiyatning dunyoqarashi, diniy va ma’naviy tasavvurlari, kundalik turmushi, ishlab chiqarish texnologiyalari va badiiy an’analari haqida ma’lumot olish mumkin. Shu sababli amaliy san’at asarlarini saqlash faqat bitta obyektni asrash emas, balki tarixiy xotira va madaniy merosning muayyan qismini kelajak avlodlarga yetkazish jarayonidir.

Madaniy meros obyektlari vaqt o‘tishi bilan turli darajadagi yemirilishga uchraydi. Namlik, haroratning o‘zgarishi, quyosh nuri, chang, biologik zararkunandalar, mexanik shikastlanish va kimyoviy jarayonlar asarning moddiy tuzilishiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, tarix davomida amalga oshirilgan noto‘g‘ri ta’mirlash yoki qayta bo‘yash ishlari ham asl badiiy qatlamning o‘zgarishiga olib keladi. Natijada restavrator oldida murakkab masala, ya’ni mavjud materialni imkon qadar saqlab qolgan holda yo‘qolgan yoki shikastlangan qismlar bilan qanday ishlash kerakligi haqidagi savol paydo bo‘ladi. An’anaviy restavratsiya usullari mutaxassisning tajribasi, tarixiy manbalar, analoglar va asarning o‘zida saqlanib qolgan belgilarni tahlil qilishga asoslanadi. Biroq zamonaviy raqamli texnologiyalar ushbu jarayonni yangi bosqichga olib chiqmoqda. 3D skanerlash yordamida asarning geometrik shakli

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

yuqori aniqlikda qayd etilishi, raqamli model yaratilishi va uning keyingi holati bilan taqqoslanishi mumkin. Bu ayniqsa murakkab shakldagi amaliy san’at obyektlarini hujjatlashtirish va ularning deformatsiyasini kuzatishda muhimdir. UNESCO tomonidan raqamli texnologiyalarning madaniy merosni hujjatlashtirish va saqlashdagi imkoniyatlari alohida ta’kidlanadi [1]. 3D raqamli modelning asosiy afzalliklaridan biri asl obyektga minimal jismoniy aralashuv bilan uning raqamli nusxasini yaratish imkoniyatidir. Masalan, qadimiy sopol idishning uch o‘lchamli shakli skaner yordamida qayd etilsa, keyinchalik uning raqamli modeli ilmiy tadqiqot, ta’lim va restavratsion loyihalashda foydalanilishi mumkin. Agar obyekt keyinchalik qo‘shimcha zarar ko‘rsa, avvalgi 3D modeli bilan taqqoslash orqali o‘zgarishlar aniqlanadi. Shu ma’noda raqamli model nafaqat tasvir, balki obyektning ma’lum vaqt oralig‘idagi holatini hujjatlashtiruvchi ilmiy ma’lumot sifatida ham ahamiyatga ega. 3D texnologiyalardan foydalanish restavratsiyani bevosita obyektga qo‘llashdan oldin virtual muhitda sinab ko‘rish imkonini ham beradi. Masalan, singan yoki deformatsiyalangan buyumning qismlarini raqamli muhitda birlashtirish, yo‘qolgan geometrik elementni turli variantlarda tiklash va ularning natijasini oldindan ko‘rish mumkin. Bu usul fizik obyekt ustida ortiqcha tajriba o‘tkazish xavfini kamaytiradi. Ayniqsa noyob va takrorlanmaydigan tarixiy asarlar uchun bunday ehtiyotkorlik muhim ahamiyatga ega. Sun’iy intellektning madaniy merosni restavratsiya qilishdagi imkoniyatlari esa 3D texnologiyalarning funksiyalarini yanada kengaytirishi mumkin. Mashinali o‘rganish algoritmlari katta hajmdagi tasvirlar bazasini tahlil qilib, o‘xshash naqshlar, ornamentlar, ranglar va kompozitsion elementlarni aniqlash imkonini beradi. Masalan, amaliy san’at asarining ma’lum qismi saqlanib qolgan, boshqa qismi esa yo‘qolgan bo‘lsa, sun’iy intellekt mavjud qism va tarixiy analoglar asosida yo‘qolgan qismning ehtimoliy variantlarini taklif qilishi mumkin. Bunday imkoniyatlar madaniy merosni raqamlashtirish va tahlil qilish sohasida sun’iy intellektga bo‘lgan qiziqishning ortishiga sabab bo‘lmoqda [2]. Biroq sun’iy intellekt tomonidan yaratilgan rekonstruksiya tarixiy haqiqat bilan avtomatik ravishda tenglashtirilmasligi kerak. Algoritm mavjud ma’lumotlardan foydalanib ehtimoliy natija yaratadi. Agar ma’lumotlar bazasida muayyan davrga oid o‘xshash asarlar ko‘p bo‘lsa, algoritm ularning umumiy xususiyatlarini aniqlashi mumkin. Ammo bu xususiyatlar aynan restavratsiya qilinayotgan asarda ham mavjud bo‘lganini isbotlamaydi. Shuning uchun sun’iy intellekt yaratgan variant ilmiy gipoteza yoki yordamchi rekonstruksiya sifatida qaralishi va mutaxassis tomonidan tekshirilishi zarur. Asl nusxani saqlash masalasi raqamli restavratsiyaning eng muhim tamoyillaridan biridir. Raqamli texnologiyalar qanchalik rivojlangan bo‘lmasin, ular tarixiy materialning o‘zini almashtira olmaydi. 3D model, yuqori aniqlikdagi fotosurat yoki sun’iy intellekt tomonidan yaratilgan rekonstruksiya asarning o‘zi emas, balki uning ma’lum bir ko‘rinishini ifodalovchi raqamli ma’lumotdir. Shu sababli fizik obyektni saqlash birlamchi vazifa bo‘lib qoladi. Raqamli nusxa esa uni hujjatlashtirish, o‘rganish va ommalashtirishni qo‘llab-quvvatlaydi. Restavratsiya jarayonida "asl nusxa" va "raqamli rekonstruksiya" o‘rtasidagi farqni aniq saqlash zarur. Asl nusxa tarixiy davrda yaratilgan moddiy obyekt hisoblanadi. Raqamli rekonstruksiya esa mavjud dalillar asosida kompyuterda yaratilgan ehtimoliy tasvirdir. U qanchalik aniq ko‘rinmasin, tarixiy obyektning o‘rnini bosa olmaydi. Shu sababli ilmiy va muzey amaliyotida raqamli rekonstruksiyaning qaysi qismi haqiqiy ma’lumotga, qaysi qismi analogga va qaysi qismi taxminga asoslanganini ko‘rsatish muhimdir. Yo‘qolgan badiiy qatlamlarni rekonstruksiya qilishda 3D texnologiyalarning alohida imkoniyatlari mavjud. Masalan, yog‘och o‘ymakorligi asarining bir qismi sinib ketgan bo‘lsa, saqlanib qolgan naqshlar asosida uning geometrik tuzilishi raqamli muhitda tahlil qilinishi mumkin. Keyinchalik naqshning ehtimoliy davomi yaratiladi va asarning umumiy kompozitsiyasi bilan taqqoslanadi. Shu jarayonda bir nechta variant ishlab chiqilishi va mutaxassislar tomonidan muhokama qilinishi mumkin. Fizik obyektga yangi detal qo‘shishdan oldin uning raqamli modelda sinab ko‘rilishi restavratsion xatolar xavfini kamaytiradi. 3D skanerlashning yana bir muhim

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

afzalligi obyektning deformatsiyasini aniqlash imkoniyatidir. Tarixiy yog‘och buyumlar namlik ta’sirida egilishi, metall buyumlar korroziyaga uchrashi yoki sopol buyumlar mexanik ta’sir natijasida shaklini yo‘qotishi mumkin. 3D model orqali obyektning geometrik parametrlari qayd qilinadi va keyingi yillarda olingan modellar bilan taqqoslanadi. Natijada deformatsiyaning qaysi yo‘nalishda va qanchalik tez rivojlanayotgani haqida ma’lumot olish mumkin. Raqamli texnologiyalar restavratsiya jarayonini hujjatlashtirish uchun ham muhim vosita hisoblanadi. Har bir bosqichda obyektning fotosurati, 3D modeli, material tahlili natijalari va restavratorning qarorlari qayd etilishi mumkin. Bu ma’lumotlar kelajakdagi restavratorlar uchun muhim manbaga aylanadi. Chunki restavratsiya doimiy ravishda qayta ko‘rib chiqilishi mumkin bo‘lgan ilmiy jarayon hisoblanadi. Yangi texnologiyalar yoki yangi tarixiy ma’lumotlar paydo bo‘lganda avvalgi qarorlarni qayta baholash imkoniyati mavjud bo‘lishi kerak. Amaliy san’at asarlaridagi ornamentlarni rekonstruksiya qilishda sun’iy intellekt ayniqsa foydali bo‘lishi mumkin. Ornamentlarning takrorlanish chastotasi, geometrik tuzilishi, ranglar kombinatsiyasi va kompozitsion joylashuvi kompyuter yordamida tahlil qilinadi. Masalan, gilamning bir qismi yo‘qolgan bo‘lsa, saqlanib qolgan naqshlarning takrorlanish qonuniyati asosida yo‘qolgan qismning bir nechta ehtimoliy variantlarini yaratish mumkin. Keyinchalik ushbu variantlar tarixiy analoglar bilan taqqoslanadi. Biroq yakuniy restavratsion qaror faqat algoritm natijasiga asoslanmasligi kerak.

Ranglarni rekonstruksiya qilish ham murakkab masalalardan biridir. Vaqt o‘tishi bilan pigmentlarning kimyoviy xususiyatlari o‘zgarishi mumkin. Natijada bugungi kunda ko‘rinayotgan rang asarning yaratilgan paytidagi rangdan farq qilishi ehtimoli mavjud. Sun’iy intellekt tasvirni qayta ishlash orqali ranglarning ehtimoliy o‘zgarishini modellashtirishi mumkin, ammo bunday natija tarixiy fakt sifatida qabul qilinmasligi kerak. Pigmentlarning tarkibini ilmiy tekshirish, tarixiy analoglarni o‘rganish va texnologik tahlil bilan birgalikda qo‘llash ancha ishonchli natija berishi mumkin [3].Restavratsiyada 3D printerlardan foydalanish ham istiqbolli yo‘nalishlardan biridir. Agar tarixiy buyumning ma’lum bir geometrik qismi butunlay yo‘qolgan bo‘lsa, uning raqamli rekonstruksiyasi asosida vaqtinchalik yoki tadqiqot uchun nusxa yaratish mumkin. Biroq 3D printer yordamida yaratilgan detalni asl tarixiy material bilan tenglashtirish mumkin emas. Uning vazifasi ilmiy tadqiqot, ko‘rgazma yoki ayrim hollarda restavratsion konstruksiyani qo‘llab-quvvatlash bo‘lishi mumkin. Fizik obyektga o‘rnatiladigan yangi qism esa alohida qayd etilishi va keyinchalik ajratish imkoniyati saqlanishi kerak. Sun’iy intellekt asosidagi tasviriy rekonstruksiya ham ehtiyotkorlikni talab qiladi. Zamonaviy generativ algoritmlar yo‘qolgan tasvirni juda realistik shaklda qayta yaratishi mumkin. Biroq tasvirning realistik ko‘rinishi uning tarixiy aniqligini anglatmaydi. Algoritm mavjud namunalar asosida "ehtimoliy" tasvir yaratadi. Shu sababli bunday tasvirlarni muzey ekspozitsiyalarida yoki ilmiy nashrlarda namoyish etishda ularning rekonstruksiya ekanligi aniq ko‘rsatilishi kerak.Madaniy merosni raqamlashtirishda ma’lumotlarning kelib chiqishini qayd etish ham muhim masaladir. Har bir raqamli rekonstruksiya uchun qaysi fotosuratlar, 3D modellar, tarixiy hujjatlar, analoglar va ekspert xulosalaridan foydalanilgani ko‘rsatilishi kerak. Bu yondashuv raqamli modelning ilmiy ishonchliligini oshiradi. Shuningdek, kelajakda boshqa tadqiqotchilar rekonstruksiya jarayonini qayta tekshirish imkoniyatiga ega bo‘ladilar.

Amaliy san’at merosini raqamlashtirish xalqaro madaniy almashinuv uchun ham katta imkoniyat yaratadi. Fizik jihatdan bir muzey yoki mamlakatda saqlanayotgan obyektning 3D modeli ilmiy tadqiqotchilar, talabalar va boshqa muzeylar uchun raqamli shaklda mavjud bo‘lishi mumkin. Bu ayniqsa noyob yoki transport qilish qiyin bo‘lgan obyektlar uchun muhimdir. UNESCO raqamli texnologiyalar madaniy merosni hujjatlashtirish, saqlash va keng jamoatchilikka yetkazishda muhim imkoniyatlar yaratishini ta’kidlaydi [1].Raqamli texnologiyalar restavratsiya jarayonini demokratlashtirish imkoniyatiga ham ega. Ilgari noyob asarlarni faqat muzey yoki maxsus laboratoriyaga tashrif buyurish orqali o‘rganish mumkin bo‘lgan bo‘lsa, raqamli model orqali ularni masofadan turib ko‘rish va tahlil

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

qilish imkoniyati paydo bo‘lmoqda. Biroq raqamli ochiqlik bilan madaniy merosning huquqiy va etik jihatlari o‘rtasida muvozanat bo‘lishi kerak. Ayrim obyektlarning raqamli nusxalaridan foydalanish bo‘yicha mualliflik, mulkchilik, muzey siyosati yoki madaniy hamjamiyatlarning huquqlari mavjud bo‘lishi mumkin. Restavratsion qaror qabul qilishda sun’iy intellektdan foydalanishning eng muhim sharti inson ekspertizasining saqlanishidir. Algoritm katta hajmdagi ma’lumotni tez tahlil qilishi mumkin, ammo tarixiy kontekstni, mahalliy madaniy an’anani yoki muayyan usta maktabining o‘ziga xosligini har doim ham to‘liq tushuna olmaydi. Shu sababli sun’iy intellekt tomonidan berilgan tavsiyalar san’atshunos, restavrator, tarixchi va materialshunos tomonidan tekshirilishi kerak. Bu yondashuv texnologik imkoniyat bilan professional mas’uliyat o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlaydi. Jahon amaliyotida madaniy merosni saqlashda konservatsiya va restavratsiya jarayonining hujjatlashtirilishi, tarixiy materialga hurmat bilan munosabatda bo‘lish va yangi qo‘shilgan qismlarning aniqlanishi muhim tamoyillar sifatida shakllangan. Venetsiya xartiyasi tarixiy yodgorliklarning haqiqiyligini saqlash va restavratsiyani ilmiy asosda amalga oshirish zarurligini belgilab beradi [4]. Zamonaviy raqamli texnologiyalar ushbu tamoyillarni bekor qilmaydi, balki ularni amalga oshirish uchun qo‘shimcha vositalar beradi. Sun’iy intellekt va 3D texnologiyalarning birgalikdagi qo‘llanilishi kelajakda restavratsiyaning yangi modelini shakllantirishi mumkin. Bunda avval obyekt yuqori aniqlikda raqamlashtiriladi, keyin uning material va tasviriy xususiyatlari tahlil qilinadi. Sun’iy intellekt mavjud ma’lumotlar asosida o‘xshash obyektlar va badiiy elementlarni izlaydi. Keyinchalik bir nechta rekonstruksiya variantlari yaratiladi. Mutaxassislar ushbu variantlarni tarixiy va texnologik dalillar asosida baholaydi. Faqat yetarli darajada asoslangan variant fizik restavratsiya jarayonida ko‘rib chiqiladi. Shu tarzda raqamli texnologiyalar restavratsion qarorning barcha bosqichlarini ilmiy jihatdan hujjatlashtirishga yordam beradi.Mazkur jarayonda "raqamli egizak" tushunchasidan foydalanish ham istiqbolli hisoblanadi. Raqamli egizak tarixiy obyektning uch o‘lchamli va ma’lumotlar bilan boyitilgan raqamli modeli bo‘lib, uning geometrik shakli, materiallari, shikastlanishlari, restavratsiya tarixi va boshqa ma’lumotlarni birlashtirishi mumkin. Bunday model obyektning joriy holatini kuzatish va kelajakdagi o‘zgarishlarni tahlil qilishga yordam beradi. Raqamli egizak fizik obyektni almashtirmaydi, balki uning ilmiy monitoringi va boshqaruvini qo‘llab-quvvatlaydi. Biroq texnologiyalarning rivojlanishi yangi xavflarni ham yuzaga keltiradi. Raqamli rekonstruksiya haddan tashqari ishonchli ko‘rinishga ega bo‘lsa, tomoshabin uni haqiqiy tarixiy holat deb qabul qilishi mumkin. Ayniqsa sun’iy intellekt yordamida yaratilgan realistik tasvirlar bilan ishlashda bu muammo yanada kuchayadi. Shuning uchun muzeylar, ilmiy markazlar va restavratsiya laboratoriyalari raqamli rekonstruksiya bilan tarixiy asl nusxa o‘rtasidagi farqni aniq ko‘rsatishi zarur. Xulosa qilib aytganda, sun’iy intellekt va 3D raqamli texnologiyalar jahon amaliy san’ati merosini restavratsiya qilish va saqlashda katta ilmiy va amaliy imkoniyatlarga ega. 3D skanerlash tarixiy obyektning geometrik holatini yuqori aniqlikda qayd etish, uning deformatsiyalarini kuzatish va restavratsiyani virtual muhitda oldindan sinash imkonini beradi.

Sun’iy intellekt esa katta hajmdagi tasviriy va tarixiy ma’lumotlarni tahlil qilish, o‘xshash ornamentlarni aniqlash va yo‘qolgan badiiy qatlamlarning ehtimoliy variantlarini ishlab chiqishga yordam beradi. Shu bilan birga, raqamli rekonstruksiya hech qachon avtomatik ravishda asl nusxa bilan tenglashtirilmasligi kerak. Asl tarixiy material birlamchi manba bo‘lib qoladi, analoglar va raqamli modellar esa uni tushunish va ilmiy tahlil qilishga xizmat qiladi. Eng maqbul yondashuv texnologiyani restavratorning kasbiy tajribasi, tarixiy manbalar, san’atshunoslik tahlili va materialshunoslik tadqiqotlari bilan birlashtirishdan iborat. Shundagina sun’iy intellekt va 3D texnologiyalar tarixiy merosni o‘zgartirib yuboruvchi vosita emas, balki uni ehtiyotkorlik bilan saqlash, hujjatlashtirish va kelajak avlodlarga yetkazishga xizmat qiluvchi ilmiy vositaga aylanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

1. UNESCO. Culture and Digital Technologies: Opportunities and Challenges for Cultural Heritage. UNESCO.
2. European Commission. Artificial Intelligence and Cultural Heritage: Digital Technologies for the Preservation and Interpretation of Cultural Heritage. European Commission.
3. Cosentino A. Identification of Artists' Materials Using Digital Imaging and Spectroscopy. Conservation Science in Cultural Heritage.
4. ICOMOS. International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter). Venice, 1964.
5. Muñoz Viñas S. Contemporary Theory of Conservation. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.
6. Brandi C. Theory of Restoration. Nardini Editore, 2005.
7. Stylianidis E., Remondino F. 3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage. Whittles Publishing, 2016.
8. Remondino F. Heritage Recording and 3D Modeling: State of the Art and Future Perspectives. Remote Sensing, 2011.
9. UNESCO. Memory of the World: Digital Preservation and Cultural Heritage. UNESCO.
10. European Commission. Digital Cultural Heritage: Digitisation, Online Accessibility and Digital Preservation. European Commission.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.